

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

RAFAELA GRAÇA SCHEIFFER

**VISÃO SISTÊMICA E HOLÍSTICA NA CIÊNCIA: A
RESSIGNIFICAÇÃO DO CONCEITO DE VIDA**

CURITIBA

2014

RAFAELA GRAÇA SCHEIFFER

VISÃO SISTÊMICA E HOLÍSTICA NA CIÊNCIA: A RESSIGNIFICAÇÃO DO CONCEITO DE VIDA

Monografia apresentada à disciplina BLOO28 - Estágio Supervisionado em Biologia, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. José Milton Andriguetto Filho

CURITIBA

2014

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Cristina e minha avó Glória, pelos tantos esforços e pelo amor que me fez desabrochar. À Vera e Isabela, pelas conversas sobre a vida, o mundo, a consciência e pela energia maravilhosa. Ao meu primo-irmão Guilherme, quem eu gostaria de ter sempre por perto e à família Graça de Tomar – Portugal que me ensinou sobre as minhas raízes. À minha tia Suely Scheiffer, pelo apoio e entusiasmo com os meus resultados.

À minha segunda família, a família De Gennaro Blanco, Tia Marga, Lauro, Bruna e Bianca pelo amor, amizade e momentos inesquecíveis, ter conhecido vocês foi um dos maiores presentes que eu podia ter ganhado. Minha eterna gratidão a minha amiga de alma, inseparável desde os 8 anos de idade, sua sabedoria me preenche e sei que juntas vamos mudar o mundo. Te amo muito, Bi!

À Universidade Federal do Paraná e aos muitos professores nos quais eu me espelho e à Universidade de Münster, que pelo Brasilien Zentrum me recebeu tão bem e apoiou minhas empreitadas. Aos meus amigos e mentores Le Ahn e Francesco Catania pelos enormes aprendizados, confiança, paciência e pelos corações de ouro. Estudar na Alemanha foi um desafio e um catalisador de maturidade e vocês foram muito importantes para que a experiência fosse um sucesso.

Às meninas e mentores da ECOS com quem tanto aprendi, em especial à Andréia Beraldo; o que senti trabalhando em equipe com vocês no Movimento Empresa Júnior mudou a minha história e me ajudou a descobrir o meu propósito. Aos amigos do ensino médio, Felipe, Ágatha, Letícia e Giulia, pela conexão, companheirismo e visões de mundo distintas.

Aos amigos e mentores do programa Jovens Profissionais do Desenvolvimento. Em especial ao Diego Baptista, um exemplo e inspiração para mim. Aos outros mentores de vida Amanda Malucelli, Rachel Caldeira, Edgar Stefani, Márcia Mendonça, Daniel Habib e ao meu orientador, José Milton Andriguetto Filho pela orientação, ensinamentos amplos e principalmente por seu exemplo de pessoa e profissional exemplar. Muito obrigada a todos!

*Além das ideias de certo e errado,
há um campo. Eu lhe encontrarei lá.*

*Quando a alma se deita naquela grama,
o mundo está preenchido demais para que falemos dele.
Ideias, linguagem, e mesmo a frase “cada um”
não fazem mais nenhum sentido.*

Rumi

RESUMO

Entre os séculos XV e XVII, a visão de mundo européia se transformou radicalmente. Galileu Galilei, Francis Bacon, René Descartes e Isaac Newton foram os principais expoentes de uma revolução na qual a ciência modificou radicalmente o modo social de pensar. Nas sociedades modernas, a visão de mundo que construímos está ligada ao paradigma científico. Isto permite entender como o fenômeno da vida é encarado por diferentes visões de mundo, provindas de diferentes paradigmas e quais são os resultados imediatos a nível sócio-ambiental. Na visão mecanicista, a biologia mantém uma lista de características que distinguem o vivo do não vivo e o reducionismo é apresentado como uma estratégia de estudo. Já o pensamento sistêmico surgiu com o pioneirismo de biólogos que enfatizaram a visão do ser vivo como um todo integrado. Segundo essa última visão, já é possível fazer uma caracterização mais adequada dos seres vivos a partir de critérios como a autopoiese, a cognição e a auto-organização em rede - o foco vai de estruturas e objetos para padrões e processos não materiais, enquanto ocorre uma mudança de foco das partes para o todo. Se optarmos por privilegiar uma abordagem entre várias, estaremos deixando de observar muito do que está ocorrendo no sistema. A crise atual é segundo Capra e Luisi (2014), uma crise de percepção que aponta a incompatibilidade de nossa visão de mundo ultrapassada com nossos problemas complexos e interligados. As soluções são também sistêmicas e podemos encontrá-las na natureza, se soubermos olhá-las com olhos sistêmicos. A utilização tanto de ferramentas da ciência convencional quanto de ferramentas holísticas é essencial, mas o holismo é o caminho para se achar novas maneiras de lidar com problemas antigos e deve ser melhor explorado.

Palavras-chave: Mudança de paradigma. Holismo. Visões da Vida. Crise de Civilização.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO: A CIÊNCIA EM UM MUNDO COMPLEXO.....	7
2. O CONTEXTO DE SURGIMENTO DA CIÊNCIA.....	9
2.1. A REVOLUÇÃO CIENTÍFICA	9
2.2.1. Galileu Galilei (1564 - 1642).....	10
2.2.2. Francis Bacon (1561 - 1626)	12
2.2.3. René Descartes (1596 – 1650).....	14
2.2.4. Isaac Newton (1643 – 1727).....	15
2.2. O REDUCIONISMO CIENTÍFICO E UMA VISÃO MECANICISTA DE MUNDO	16
2.3. O MÉTODO CIENTÍFICO E O ESTABELECIMENTO DE BASES PARA A PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO	18
2.4. A CREDIBILIDADE DA INSTITUIÇÃO CIENTÍFICA E O CONHECIMENTO DE UMA REALIDADE OBJETIVA.....	20
3. A VISÃO CONVENCIONAL DA VIDA.....	21
3.1. CARACTERÍSTICAS DA VIDA.....	21
3.2. DEFINIÇÕES ENCONTRADAS EM LIVROS DE BIOLOGIA	22
3.3. EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE VIDA NA CIÊNCIA.....	24
4. A VISÃO SISTÊMICA DA VIDA.....	26
4.1. A VIDA COMO PROPRIEDADE EMERGENTE	26
4.2. A TENDÊNCIA AUTO-AFIRMATIVA E INTEGRATIVA NA PERCEPÇÃO SOCIAL DA VIDA.....	28
4.3. A VIDA COMO PADRÃO, ESTRUTURA E PROCESSO	30
4.4. O PLANETA TERRA COMO UM ORGANISMO VIVO	34
5. DISCUSSÃO E IMPLICAÇÕES PARA A CIÊNCIA E A SOCIEDADE	35
5.1. CONTRASTE ENTRE VISÕES: IMPLICAÇÕES PARA A CIÊNCIA	35
5.2. IMPLICAÇÕES PARA A SOCIEDADE: NOSSA CRISE DE CIVILIZAÇÃO ..	37
5.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
DOCUMENTOS CONSULTADOS	48

1. INTRODUÇÃO: A CIÊNCIA EM UM MUNDO COMPLEXO

A ciência na modernidade se institucionalizou, tornando-se uma comunidade com suas próprias regras, métodos e determinações que regulamentam a forma com que o conhecimento é construído e retorna à sociedade. As origens da ciência e do pensamento racional remontam à Grécia Antiga, Renascentismo e Idade Média, mas sua base moderna foi construída a partir do século XVII (CAPRA, 1996; ROSSI, 2001) em um período conhecido como Revolução Científica, embora Thomas Kuhn (1962) afirme que de tempos em tempos, revoluções se desenrolam para que os paradigmas científicos se transformem.

O desenrolar dos acontecimentos e percepções humanas que influenciaram a história da ciência, a partir de suas origens na filosofia grega, ajuda na compreensão do paradigma que se encontra em vigor atualmente, o paradigma mecanicista. Um paradigma parte de um conjunto de visões mais abrangentes que teorias, informando o cientista sobre entidades fundamentais da constituição do universo (ALVES, 2006). Nas sociedades modernas, a visão de mundo social que construímos está ligada ao paradigma científico. Isto permite entender como o fenômeno da vida é encarado por diferentes visões de mundo, provindas de diferentes paradigmas e quais são os resultados imediatos a nível sócio-ambiental.

A ciência é parte da vida humana e perde sua legitimação se for dela separada (ALVES, 2006). Ela é um produto do desenvolvimento da sociedade ocidental, não apenas acumulando teorias, dados, leis e observações mas refletindo o modo que cada época tem de levantar problemas e empregar métodos para a análise deles (ARAÚJO, 1998). Segundo Santos (1996), no século XX alguns preceitos da ciência e de seu método foram questionados devido a descobertas científicas que mostraram as limitações do modelo mecanicista, como a Teoria da Relatividade de Einstein e a demonstração feita por Heisenberg e Bohr de que não é possível deixar de interferir em um objeto durante a sua medição. O Teorema da incompletude de Gödel questiona o rigor da matemática e a Teoria das estruturas dissipativas de Prigogine mostra a auto-organização de processos microscópicos em situações de não equilíbrio. Muitas vezes as teorias são vistas por cientistas e pessoas como um retrato da verdade. Não se sabe até que ponto os objetos podem ser fragmentados e reduzidos sem que isso traga prejuízo ao entendimento do todo.

A suposta neutralidade da ciência mecanicista na construção do conhecimento e seu status de modo mais confiável de se conhecer o mundo são discutidos pela filosofia da ciência (ALVES, 2006). Também o papel do observador na ciência tem sido questionado (SHAPER, 1982).

O pensamento sistêmico surgiu na década de 1920 com o pioneirismo de biólogos que enfatizaram a visão do ser vivo como um todo integrado. Cada organismo começou a ser visto como um sistema formado de sistemas aninhados em seu interior cujo todo integrado não seria correspondente a soma de suas partes, cujas interações promovem emergência de novas características que podem não estar presentes nas partes e omissão de outras presentes (CAPRA; LUISI, 2014; MORIN, 2005). Como sistemas adaptativos complexos (SACs), termo cunhado por John Holland em 1993, os seres vivos fazem um balanço entre ordem e caos e são formados por agentes que interagem e produzem uma estratégia de sobrevivência moldada às suas necessidades, adaptando sua estrutura e comportamento para garantir sua integridade. Os SACs podem ser tanto um mamífero, como uma organização social ou um ecossistema (HOLLAND, 1997). As comunidades que formam coevoluem com o meio, aprendem, inovam, são autônomas mas dependentes da matéria e energia retirada do meio. Eles apresentam características únicas como a capacidade de se auto-organizar, auto-regenerar e se auto-gerar seguindo instruções internas a eles; serem unidades autopoieticas e estruturas dissipativas vivas, apresentarem uma dinâmica não-linear e operarem longe do equilíbrio termodinâmico; apresentarem a cognição como a capacidade inerente de resolver problemas e terem a rede como seu padrão fundamental (CAPRA; LUISI, 2014).

Em seu mais recente livro, *The Systems View of Life*, Fritjof Capra e Pier L. Luisi (2014) escrevem que os maiores desafios de nossa era estão todos interligados e apresentam muitas variáveis. Como resultado desse fato, nossas percepções como sociedade e nossa maneira de ver o mundo estariam mudando e o planeta estaria sendo percebido como um todo vivo e que se auto-regula. Respondendo a essas mudanças, o Pensamento Complexo, que nas palavras de Edgar Morin (2005) “é o pensamento apto a reunir, contextualizar, globalizar, mas ao mesmo tempo reconhecer o singular, individual e concreto” tem como um de seus princípios “o da reintrodução do conhecimento em todo o conhecimento”, que discute o papel do sujeito no processo de construção do conhecimento.

Capra e Luisi (op. cit.) atentam para o fato que temos ampla documentação e sabemos da gravidade de problemas resultantes de nossas atividades que degradam a biosfera e a vida humana, como, por exemplo, a degradação e escassez de recursos junto com a rápida expansão populacional, que promovem a falência de comunidades locais e violência étnica marcante. Atualmente percebemos que esses problemas não podem ser entendidos corretamente de maneira isolada mas fazem parte de uma teia complexa. Todas essas facetas se referem a uma crise única derivada de uma percepção da realidade inadequada para lidar com um mundo superpovoado e interligado (CAPRA, 1996).

Em particular, uma nova concepção do que é vida seria necessária para um melhor entendimento das questões que nossa sociedade enfrenta e para orientar novas ações que não interfiram na habilidade inerente da natureza de sustentar a vida. Assim, o objetivo deste estudo, que se baseia principalmente nas obras *The Systems View of Life: A Unifying Vision* de Fritjof Capra e Pier L. Luisi (2014), *Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e suas regras* de Rubem Alves (2006) e *The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance* de Ernst Mayr (1982), é fazer uma breve revisão bibliográfica e investigar as vantagens da nova percepção científica da vida, que será desenvolvida no capítulo 4, discutindo até que ponto essa visão mantém o rigor científico. Para isso, o trabalho inicialmente fará um apanhado geral do contexto de surgimento da ciência moderna (capítulo 2), seguindo-se, nos capítulos 3 e 4, respectivamente, uma síntese das visões convencional e sistêmica da vida. No capítulo 5, estas duas visões são contrastadas buscando extrair lições para a ciência e a sociedade.

2. O CONTEXTO DE SURGIMENTO DA CIÊNCIA

2.1. A REVOLUÇÃO CIENTÍFICA

Antes de 1500, a população europeia vivia em pequenas comunidades, cujas necessidades individuais e coletivas convergiam, os aspectos materiais e espirituais eram interligados e a ciência, ainda emergente, apresentava como expoentes a

Igreja e Aristóteles. Na Idade Média, o entendimento do mundo, do significado das coisas e as questões relacionadas a Deus, à alma humana e à ética eram prioritárias. Entre os séc. XV e XVII, a visão europeia de um mundo espiritual, orgânico e vivo se transformou radicalmente. Copérnico propôs que a Terra é mais um planeta girando em volta de um astro de menor grandeza na periferia da galáxia, seguido por Kepler que descobriu as órbitas elípticas dos planetas e Galileu Galilei, que deu início à experimentação científica e introduziu a linguagem matemática. Para descrever a natureza com base na matemática, Galileu restringiu os estudos somente às propriedades dos corpos materiais que podiam ser medidos e quantificados – propriedades provindas dos sentidos humanos foram excluídas da ciência (CAPRA; LUISI, 2014; ZIMMERMAN, 1993). Juntamente com Francis Bacon, René Descartes e Isaac Newton, a ciência modificou radicalmente o modo social de pensar, que será ilustrado nesse trabalho com a trajetória da contribuição desses cientistas.

2.2.1. Galileu Galilei (1564 - 1642)

A partir de Galileu, a ciência abandonou a substância e passou a se ocupar do mundo material. A matéria então começara a ser investigada como uma função de seu comportamento, com a insistência de que os detalhes e minúcias não eram importantes – Galileu se lançou em busca das regularidades e uniformidades dos fenômenos, reconhecendo que por mais distintos que pudessem ser os comportamentos, muitos seriam comuns a uma determinada classe de seres. Previamente, os cientistas aristotélicos insistiam que as descrições naturais deveriam ser uma representação minuciosa e fiel de todas as manifestações particulares da natureza. Essas manifestações incluem qualidades como sons, cheiros, cores, sabores, relações, sistemas de comunicação, propriedades de macromoléculas e uma enorme quantidade de informações essenciais à compreensão do real significado do fenômeno biológico. Segundo Mayr (1982), cientistas consideram o reconhecimento da qualidade (de aspectos qualitativos) como algo não científico ou simplesmente descritivo e classificatório, o que prova que não entendem de fenômenos biológicos. A quantificação é importante mas não deve haver a exclusão de todos os aspectos qualitativos, que podem ter importância

em fenômenos relacionais (ALVES, 2006; MAYR, 1982). Na procura de uma língua que fosse falada simultaneamente pelo mundo natural e pelo ser-humano, Galileu concluiu que o livro da natureza tinha seus sentidos ocultos e era escrito com caracteres matemáticos. A matemática não era um fim, mas se tornara um meio de se entender e obter respostas, demonstrando relações. Então Galileu definiu que as teorias e o conhecimento seria gerado apenas a partir de um mundo que pudesse ser expresso por meio da matemática, excluindo da ciência as qualidades que supostamente provinham do psíquico humano e não da realidade de nosso mundo (CAPRA, 1996; ALVES, 2006).

Em um período anterior, cientistas aristotélicos descreveram propriedades ocultas da matéria. A exemplo da argila, a matéria não tem forma, mas é maleável e pode adquirir forma através da ação de um agente externo, enquanto as propriedades ocultas não eram exemplificadas em termos de sua composição e estrutura física (FORATO, 2006). Em meio a uma diversidade de descrições metafísicas, a restrição a propriedades primárias como forma, número e tamanho representadas pela aritmética e geometria foi uma medida disciplinar necessária (VAN FRAASSEN, 2006).

Apesar dos aristotélicos terem gerado uma enormidade de conceitos e explicações metafísicas, os gregos sempre procuraram explicações racionais para os fenômenos naturais. Aristóteles, citado pelo biólogo alemão Ernst Mayr (1982) como sendo, sem sombra de dúvida, o pai da metodologia científica, era primariamente racionalista e juntamente com outros filósofos de sua época, acreditou que problemas de compreensão da natureza poderiam ser resolvidos por pura racionalização (que atingiu seu auge com Descartes) e um método que conhecemos hoje como dedução (MAYR, 1982). Ao trabalhar com a questão do movimento, os gregos construíram uma visão de que a natureza do movimento é o repouso. Galileu passou a ver por uma outra ótica, tomando como ponto de partida que o movimento tende a continuar movimento, criando o conceito de inércia. Essa reorganização dos dados constituiu o verdadeiro avanço científico, enquanto pensamos que os avanços só ocorrem por meio da produção de conhecimento inédito ou confirmação de modelos e teorias. O modelo é proveniente da crença de que existe uma relação de analogia entre o que conhecemos e o que não conhecemos – um modelo não é uma cópia reduzida construída de algo que se

conhece bem, de uma verdade. O caminho a ser trilhado para se conhecer algo a partir da ótica científica é o de se escolher um problema, formular uma hipótese e usar um método para a sua confirmação, produzindo ao final uma teoria. Esse caminho está baseado em outra crença, a de que no universo existe uma ordem invisível e tangível e segundo Rubem Alves (2006), é só porque procuramos a ordem que a encontramos. Se as hipóteses podem ser alegoricamente comparáveis a se perguntar “sim ou não” para a natureza, então a resposta já se encontra implícita, o objeto de busca já foi determinado e não estamos considerando aquilo que pode fugir aos nossos olhos. Algo que passa despercebido é o fato de que a única coisa que verdadeiramente conhecemos é o nosso modo de perceber e gerar conhecimento acerca de um objeto – aquilo que conhecemos não é o objeto, puro e objetivo, mas a nossa razão produzindo uma compreensão de algo novo a partir do que ela mesma produz e do plano que ela elaborara (ALVES, 2006). Nesse sentido, Schrödinger (1997) afirma que a física se afasta do princípio de ordem quando adota o princípio da incerteza, que considera a ausência de conexão causal estrita na natureza. Ele chama de objetivação ou “hipótese do mundo real” a exclusão do sujeito cognoscente da natureza ou a consideração dos seres humanos como espectadores não pertencentes ao mundo, o que cria a percepção de um mundo objetivo (SCHRÖDINGER, 1997).

2.2.2. Francis Bacon (1561 - 1626)

Bacon, que inspirou os institutos de pesquisa modernos e fundou o método indutivo que objetiva levar qualquer pessoa a verdades científicas, advogou pela ideia de se conhecer para dominar e controlar a natureza. A partir destas ideias, houve um abandono da visão orgânica da natureza como a fonte nutridora que provê as necessidades humanas em um universo organizado (CAPRA; LUISI, 2014; ZIMMERMAN, 1993). Tanto a visão que prega o uso da natureza para os interesses humanos como a que prega que ela não deve sofrer nossas interferências são veiculadas socialmente e a escolha de uma como o retrato da realidade está ligado ao controle ético de ações humanas, o certo e o errado (moralidade). Bacon propagou a ideia que essa era a única forma de se obter progresso e desenvolvimento, além de ter refletido muitas percepções do meio social no qual

estava inserido, misturando a nova concepção de progresso, as tecnologias de metalurgia, mineração e uma estrutura familiar patriarcal em uma filosofia baseada em um modo de manipular a natureza. Claramente, as classes desfavorecidas por esse estilo de pensamento eram críticas das ideias de Bacon, que favoreceram diretamente o homem burguês. Em contraste, escritores romanos como Ovídio, Seneca e Plínio, assim como os filósofos estoicos, enxergavam uma interferência ambiental como a mineração como um abuso da mãe natureza. Desenvolvendo o poder da linguagem como ferramenta política, Bacon produziu narrativas metafóricas descritivas da natureza permeadas da visão da época sobre a mulher: a inquisição das bruxas e outros elementos embasaram a identificação da mulher e da natureza com o sexo feminino, selvagem, descontrolado e que pode ser violento em um universo caótico. Dessa forma, a natureza foi interpretada como portadora de segredos que precisam ser extraídos a força para o progresso econômico, enquanto a mulher fora reduzida à um recurso psíquico e reprodutivo para a produção econômica. Consequentemente, no século XVII, tanto a mulher como a natureza foram subjugadas à máquina (ZIMMERMAN, 1993).

Desejando “estabelecer os fundamentos sobre os quais se poderiam construir os edifícios da ciência”, Francis Bacon tinha o objetivo de efetuar uma purificação de ideias pré-concebidas e do senso comum, fazendo valer o peso da autoridade científica, na tomada de decisão em sociedade. Também organizara a observação para que o cientista aprendesse diretamente da natureza – as tabelas e métodos indutivos se ocuparam dos fatos observados, partindo de situações específicas e as generalizando, conhecendo o passado por experiência e o futuro por teoria. Em contraste, o método dedutivo, predominante na idade média, empregou a lógica para garantir o rigor de conexão entre as premissas de argumento que não poderia ser invalidado pela observação, mas somente através de falhas nessa conexão. Isso implica que pontos de partidas equivocados terão argumentação válida mas conclusões errôneas, motivando Bacon a se livrar de pré-conceitos que segundo ele eram originários de nossas deformidades mentais. A indução baconiana que vigorou por dois séculos foi criticada por Liebig, que ajudou a colocar fim no reinado do indutivismo argumentando que nenhum cientista conseguira seguir o *Novum Organum*. Tornou-se uma ofensa chamar alguém de indutivista. Porém em algumas ciências que reconstroem trajetórias históricas como a biologia, o método científico continua sendo basicamente indutivista (MAYR, 1982; MAYR, 2008).

2.2.3. René Descartes (1596 – 1650)

Descartes, assim como Galileu, acreditava que a matemática, além de ser a linguagem da natureza, era sinônimo de ciência, o que o levou a desprezar qualquer tipo de conhecimento tradicional e propor um método analítico para atingir a verdade científica. Ele deu início à formulação do método científico com a indução experimental, partindo de casos particulares e objetivando chegar a leis gerais; Bacon então frisou a importância das hipóteses serem baseadas em uma experimentação prévia seguido da contribuição de Descartes, que introduziu a inferência dedutiva e o método do pensamento analítico, o qual quebra um problema em várias partes e o entende de acordo com as propriedades das partes. Esse método foi incorporado com louvor pela ciência e tornou possível um grande avanço científico-tecnológico, embora a ênfase exacerbada nele tenha espalhado a atitude reducionista na ciência – toda teoria científica é reducionista por reduzir fenômenos inteiros à algumas de suas características, porém a ciência em si não é necessariamente reducionista. No pensamento cartesiano, acredita-se que as observações independem do observador e do processo de conhecimento. Werner Heisenberg introduziu a noção de que a compreensão do processo de conhecimento é importante e necessita ser incluída na descrição de fenômenos naturais – o objeto depende de nossas percepções, visto que nós delimitamos barreiras que em muitas vezes não são fisicamente concretas. Um exemplo é a árvore, cujas raízes são partes tão importantes como as aéreas (sendo elas levadas em consideração pelo observador ou não) mas que no subterrâneo de uma floresta existem redes de raízes que as interconectam de forma a não haver fronteiras precisas entre uma árvore e outra – a definição de árvore depende do observador (CAPRA, 1996).

Para Descartes, a natureza não passava de uma máquina perfeita governada por leis mecânicas exatas enquanto a matéria não tinha propósito, vida ou espiritualidade – todos os fenômenos naturais eram contatos mútuos de pequenas partículas materiais e assim eles foram vistos por grande parte do século XVII. Essa visão resultou na divisão da realidade em matéria e mente e marcou a visão de mundo ocidental, que supervaloriza o trabalho mental, entende o indivíduo como um

ego isolado em um corpo e despreza dimensões psicológicas de patologias enquanto prega a busca por um corpo perfeito (CAPRA, 1996).

2.2.4. Isaac Newton (1643 – 1727)

Newton completou a revolução científica desenvolvendo a mecânica newtoniana e endossando a visão cartesiana do mundo como um sistema mecânico determinado, que pode ser descrito objetivamente (CAPRA; LUISI, 2014). A ciência progrediu apoiada nos pilares da ordem, separabilidade e razão, utilizando-se de uma lógica binária, visão linear de causalidade, disciplinaridade e hiperespecialização na busca de verdades incontestáveis e leis gerais (RIBEIRO, 2011). Embora Newton acreditasse que Deus criou o mundo e as leis que o regem fossem de origem divina, os fenômenos não eram tidos como divinos de forma alguma e nos séculos posteriores o divino foi abolido da visão científica. Esse vazio espiritual e a divisão mente-matéria foram acusadas de serem responsáveis pela exclusão do observador humano e pela tentativa de separação de valores humanos dos fatos científicos, uma falácia exposta no século XX. O conhecimento é um resultado humano e os seres humanos são portadores de valores, crenças, opiniões, desejos e preferências que mudam de acordo com o seu grupo cultural e contexto histórico, elementos esses que não podem ser dados como verdade (GUERRA, 2001).

A divisão mente-matéria influenciou profundamente o pensamento ocidental e nas palavras de Werner Heisenberg (1958, citado por CAPRA; LUISI, 2014) “essa partição penetrou profundamente na mente humana nos três séculos após Descartes e vai demorar um bom tempo até ser substituído por uma atitude verdadeiramente diferente em relação ao problema da realidade”. Descartes baseou toda a sua visão da natureza na crença da existência da mente (coisa pensante) e matéria (coisa estendida). Isaac Newton fez uma síntese dos trabalhos dos maiores cientistas que o antecederam, incluindo o método indutivo de Bacon e o método racional e dedutivo de Descartes, de modo que a sua física se tornou uma base sólida para a ciência desde então. A concepção do cálculo diferencial, que descreve o movimento de corpos sólidos foi, nas palavras de Einstein “talvez o maior avanço no pensamento que um único indivíduo teve o privilégio de fazer”. A obra de Newton,

abreviadamente conhecida por *Principia*, foi considerada por mais de 200 anos como a descrição correta da natureza, cujas leis são válidas por todo o sistema solar e cuja matemática é baseada na avaliação crítica de evidência experimental (CAPRA; LUISI, 2014).

2.2. O REDUCIONISMO CIENTÍFICO E UMA VISÃO MECANICISTA DE MUNDO

A visão mecanicista pode ser reduzida em quatro princípios básicos: estruturas físicas (tempo-espço e matéria) e mudanças (movimento) nessas estruturas físicas; a redução das propriedades de qualquer sistema físico complexo às propriedades de seus componentes; leis que governam a mudança em estruturas físicas e o observador como estando alheio ao sistema observado. Os modelos mecanicistas também assumem um sistema sempre fechado e isolado do meio-ambiente (DODIG-CRNKOVIC; MÜLLER, 2011). As discussões sobre reducionismo na ciência se concentram se é válido considerar que algumas entidades, conceitos ou relações possam substituir outras e se as leis de um nível, considerando-se que o mundo de certa forma pode ser visto como uma série de agregados em vários níveis, podem ser reduzidas às leis de níveis inferiores, o que se convencionou chamar de micro-reducionismo.

Em meados do século XIX, o filósofo John Stuart Mill afirmou que as propriedades das moléculas podem não ser derivadas das propriedades dos seus elementos constituintes, assim como a água não conserva as propriedades do oxigênio nem do hidrogênio. Algumas décadas depois, o filósofo inglês George H. Lewes cunhou o termo *emergência* para caracterizar efeitos que não podiam ser reduzidos à soma de seus constituintes. Em seu livro *Holism and Evolution*, de 1926, o estadista sul africano Jan Christiaan Smuts cunhou o termo *holismo* argumentando que “a unidade das partes pode vir a ser maior do que a soma das partes, que não apenas dá uma conformação ou estrutura para as partes mas as relaciona e determina através de uma síntese onde suas partes estão alteradas; a síntese afeta e determina as partes de maneira que elas funcionem e se direcionem para o todo”. Essa abordagem é conhecida na epistemologia como “de cima para baixo” (*top-down*), pois os fenômenos são abordados do topo para a base do sistema ao

contrário da abordagem reducionista *bottom-up* (das partes para o todo). Após o trabalho pioneiro do embriologista Paul Weiss, hoje o termo exprime uma abordagem simultaneamente *top-down* e *bottom-up* (OLIVEIRA, 2000). A partir de 1940, as ideias de teorias sistêmicas apontam que relações sistêmicas que surgem em estágios complicados de integração podem produzir novas e imprevisíveis características (ANDERSEN, 2001).

Em biologia, os seres vivos também foram caracterizados como máquinas, os humanos portando uma alma racional mas sendo indistinguíveis dos corpos de animais. Descartes explicara os mecanismos de funcionamento biológico do corpo a partir de operações mecânicas demonstrando que os seres vivos não eram mais que autômatos (CAPRA; LUISI, 2014). Essa visão influenciou todo o desenvolvimento das ciências da vida e, ao mesmo tempo que a abordagem foi um sucesso, limitou a pesquisa científica, o que será discutido ao longo das próximas sessões desse trabalho. O paradigma mecanicista se estendeu ao estudo da vida e a dita unidade básica da vida, a célula, foi comparada a uma fábrica aperfeiçoada (MORIN, 2005). Fisiologistas tiveram sucesso com a aplicação de modelos mecanicistas no estudo da circulação sanguínea, entre outros, até que estes fossem abandonados em função de descobertas no campo da química e eletricidade - animais começaram a ser considerados máquinas muito mais sofisticadas que as da época. No início do século XX, o reducionismo ontológico, que investiga o pertencimento das entidades de um domínio às de outro se ocupou de entender se os seres vivos eram compostos inteiramente de entidades físico-químicas ou se, como os vitalistas acreditavam, haviam forças peculiares a eles (DRIESCH, 1908). O reducionismo pode ser dividido em constitutivo, considerando a constituição dos organismos vivos igual à da matéria inanimada; o explanatório, que prega que só se pode entender o todo a partir da dissecação de todos os seus componentes e finalmente, o reducionismo teórico, que afirma que leis de uma área do conhecimento podem ser casos especiais de teorias ou leis de outras áreas. Segundo Mayr (1982), o reducionismo raramente leva a avanços no nosso entendimento porque propriedades novas emergem em vários níveis dos sistemas e pode levar à uma abordagem enganosa e fútil. Ele ainda afirma que não acredita em coisas, mas em relações, às quais não são dadas as devidas atenções porém são a ênfase do holismo.

É fato conhecido entre os filósofos da ciência a ausência de leis em biologia (ROSENBERG, 2001). Isso reflete alguns fatos sobre o estudo da vida, como na individualização de tipos biológicos que é feita por papel causal e baseada na função, que por sua vez se origina da seleção natural. A Teoria da Evolução do séc. XIX forçou o abandono da visão do mundo como uma máquina saída das mãos do Criador em favor de um Universo como um sistema que evolui e está em constante mudança, onde estruturas mais complexas se desenvolvem a partir de formas simples. Importantes complementações foram trazidas pelo recente campo da Genética, que deslocou o foco da célula para as moléculas. O grande sucesso na elucidação da estrutura do DNA e em suas aplicações biotecnológicas levaram os pesquisadores a acreditar que a biologia pode ser reduzida às leis da física e da química (CAPRA; LUISI, 2014; SCHRÖDINGER, 1997). Atualmente há uma discussão se doenças como esquizofrenia, formas de câncer e padrões comportamentais como o alcoolismo e homossexualismo podem ser explicados somente por teorias de genética molecular. É argumentado que para várias doenças essa redução se torna tão complexa que é virtualmente impossível na prática. A medicina da atualidade conceitualiza doença de forma a reduzi-la a um distúrbio biológico (CAPRA; LUISI, 2014). As discussões a respeito do reducionismo ontológico se ocupam de se as entidades de um domínio são compostas por entidades de outro. De fato, o termo “reducionismo” também é usado com um significado distinto: como coloca o filósofo Jaegwon Kim, atualmente as expressões “redução”, “reducionista”, “reducionismo” se tornaram pejorativas como sinônimas de ingenuidade intelectual e atraso, e chamar alguém de reducionista vai além da crítica (ANDERSEN, 2001).

2.3. O MÉTODO CIENTÍFICO E O ESTABELECIMENTO DE BASES PARA A PRODUÇÃO DE CONHECIMENTO

A ciência, segundo Hume, pode nos ajudar a controlar eventos futuros pelas suas causas e essa capacidade de previsão se explica na nossa crença de que a realidade é contínua e una, pois a única ligação entre o passado e o futuro é o hábito. Ele nos leva a fazer generalizações a partir do costume (um fator psicológico), de modo que liguemos os fatos de certa maneira crendo que o sol

nascerá amanhã porque isso tem acontecido todos os dias. O positivismo insiste que os fatos falem por eles próprios, mas segundo Lecky, o problema científico central é claramente o da interpretação porque fatos em si não oferecem sua iluminação, eles não tem sentido mas lhes é dado sentido (ALVES, 2006).

Na esperança de criar uma linguagem que só falasse o que os fatos permitem (objetividade), a ciência começou a enunciar leis com validade universal, proposições não falsificáveis e subordinou a imaginação, dita perturbadora do conhecimento, à observação. O método científico defende um discurso fiel ao objeto, que relacione causas e efeitos, criando teorias na junção de dados que permitam realizar previsões, aceitando somente premissas que possam ser falsificáveis, em busca da verdade que deve estar presente na relação entre nosso discurso e o mundo. Discurso esse, nas palavras de Rubem Alves que “esconde e revela uma visão de mundo”. Teorias como a do heliocentrismo e da evolução não são falsificáveis: elas gozam de tamanha credibilidade que frequentemente são ditas verdadeiras (ALVES, 2006). Uma teoria não pode ser considerada falsa ou verdadeira, porém mais adequada do que outras para a resolução de certo problema (ARAÚJO, 1998). Estudamos as teorias como um produto acabado esquecendo-nos que “um sistema científico é resultado de uma atividade criativa” e de que não existem métodos lógicos para se ter novas ideias, o cientista depende de sua imaginação para montar um cenário plausível. Quando aparece um fato que pode falsificar uma teoria, é o cientista que decide o que fazer com ele: tratar como um caso especial e compatibilizar com a teoria, criando um *ad hoc* ou então defender uma “particularidade” e correr o risco de ser considerado às margens da ciência e ser ridicularizado por seus colegas (ALVES, 2006).

Segundo a bióloga estadunidense Barbara McClintock, Prêmio Nobel de Medicina em 1983, é um equívoco pensar que a objetividade científica exige que o cientista seja distante do seu objeto de estudo e reforça dizendo que não se faz uma boa ciência sem um vínculo emocional profundo da parte do cientista. Tanto cientistas como pessoas normais teriam em comum um sentimento pelos organismos vivos (CAMPBELL, 1993). O cientista não é diferente do homem de senso comum, que a exemplo desse gera conhecimento que carrega seus valores e processo de cognição individuais e o seu método utilizado permite uma descrição de uma realidade que é múltipla como as formas orgânicas (ALVES, 2006).

2.4. A CREDIBILIDADE DA INSTITUIÇÃO CIENTÍFICA E O CONHECIMENTO DE UMA REALIDADE OBJETIVA

Na busca de um caminho seguro para se conhecer o mundo, a ciência se esqueceu de que continua sendo produto de uma sociedade composta por seres humanos dotados de imaginação, valores e emoções. Atualmente a filosofia da ciência, que examina, descreve, fundamenta e critica o conhecimento científico, apontou que a separação dessas características e qualidades humanas não acontece na prática por vários motivos: as teorias dependem da trajetória do cientista e de sua comunidade, surgindo também com o propósito de suprir uma necessidade interna de coerência; não há um pensamento livre de valores e que esses influem na forma com que construímos o conhecimento, além de que não há um limite claro entre sujeito e objeto, porque o objeto depende diretamente da percepção do sujeito; as hipóteses que formulamos já contêm implícitos os objetos de busca e pré-julgamentos (ARAÚJO, 2003; ALVES, 2006).

A ciência é uma corporação que depende de acordos e consenso interno para a prática de suas atividades e cuja matriz social é formada por instituições que protegem seu *status quo*. Mudanças são sempre encaradas com resistência e a tradição intelectual é mantida com fins de conservar a autoridade, pois implicariam em reaprendizagem de linguagem, retreinamento de pessoal e reconhecimento de que os artigos científicos estão obsoletos (ALVES, 2006). Independente de sua objetividade, as descobertas muitas vezes estão em desacordo com os valores tradicionais da sociedade e essas levam a conclusões carregadas de valores (MAYR, 1982). Para Brecht, a única finalidade da ciência é a de aliviar a miséria humana (ALVES, 2006).

A organização inicial feita por Galileu estabeleceu a base de uma visão de mundo no qual o indivíduo se encontra no centro e conhece o mundo exterior por métodos e ferramentas. Segundo Kuhn, a física aristotélica que parte do senso comum não é falsa, mas é mais um paradigma entre outros. Ele afirma que no dia-a-dia, o cientista se ocupa com a resolução de problemas da qual é composta a *ciência normal*, cuja base são paradigmas aceitos e praticados. Esses paradigmas

se refletem na sociedade, pois a ciência é a instituição que gera e propaga conhecimento e é dotada de grande credibilidade. Um recente paradigma denominado holístico, do qual trataremos no capítulo 3, reconhece que todos os indivíduos são interligados e que razão, linguagem, métodos e visão estão relacionadas a realidade no qual a ciência se dá (ALVES, 2006; ARAÚJO, 2003).

Kuhn em seu trabalho “Estrutura das Revoluções Científicas” afirma que são características de uma revolução científica a rejeição da comunidade à uma teoria científica consolidada em favor de outra incompatível com a primeira e produção de uma mudança nos problemas do qual a ciência se ocupa e nos padrões de definição destes e transformações no mundo o qual os trabalhos científicos são realizados. Elas acontecem quando um paradigma vigente é substituído por um novo, que então se desenvolve como uma nova tradição científica. O período pré-mudança apresenta debates sobre legitimação de métodos, problemas e padronização de soluções, que como Kuhn coloca, servem mais para a delimitação de escolas de pensamento do que para chegar a um acordo (KUHN, 1962). Diante de tantas discussões sobre a visão compartilhada de mundo pela nossa civilização, reducionismo em nossas práticas, o resgate da epistemologia e a crescente complexidade do mundo moderno, alguns autores afirmam (SANTOS, 1987) que estamos na transição de um modelo mecanicista para um holístico, que leva em consideração a organização de sistemas adaptativos complexos em redes.

3. A VISÃO CONVENCIONAL DA VIDA

3.1. CARACTERÍSTICAS DA VIDA

A vida é um dos conceitos mais difíceis de se explicar e mesmo sendo consideravelmente bem estudada, continua um mistério e palco de controvérsias (MOORE, 1965). Não é possível dizer categoricamente o que é a vida mas a biologia mantém uma lista de características que distinguem seres vivos de não vivos (ROBERTS, 1986): a reprodução permite à vida gerar outra vida; o

crescimento e desenvolvimento são dirigidos em um embrião por padrões genéticos de forma que ele apresente características de sua espécie; o uso de energia, que suporta o sistema e mantém a ordem além de gerar trabalho; a adaptação ao ambiente ou crescimento e adaptação do organismo às mudanças ambientais; a homeostase ou manutenção do ambiente interno estável enquanto o ambiente externo pode variar; a adaptação evolutiva, uma consequência das interações entre seres vivos e os seus ambientes entre outras. A célula é tida como a menor unidade estrutural e capaz de desempenhar todas as atividades do organismo e está na composição de todos os organismos vivos, que podem ser unicelulares ou pluricelulares (CAMPBELL, 1993).

Ao longo da história da biologia, muitos pré-requisitos para se considerar um ser como vivo foram propostos e se revelaram falhos, como a reprodução, que embora responsável pela diversidade da vida na terra, está ausente durante diversas fases do desenvolvimento dos organismos, como em bebês e adultos. Segundo Varela, Maturana e Uribe (1974), para que a reprodução aconteça, o organismo necessita primeiro de fronteiras físicas e de um padrão de auto-organização. Alguns casos são um bom exemplo de como é problemático classificar um ser como vivo ou não vivo: os vírus são partículas diminutas que contêm RNA ou DNA obrigatoriamente dependentes de um hospedeiro para a sua reprodução, que é tornada possível através de manipulação da maquinaria bioquímica do seu hospedeiro. Para Dobzhanski (1973), se são considerados vivos ou não, é uma questão de definição ou opinião e essas diferenças demonstram que o limiar entre o vivo e o não vivo é muito tênue. Já os príons não contêm ácidos nucleicos mas são agentes infecciosos protéicos que se auto-replicam ao modificar o metabolismo celular, causando cerca de 40 tipos de doenças, todas fatais. Esse comportamento vai contra o “dogma da biologia celular” ao quebrar a ordem de síntese e fluxo de informações em sistemas biológicos - DNA→RNA→Proteína (LUPI, 2003).

3.2. DEFINIÇÕES ENCONTRADAS EM LIVROS DE BIOLOGIA

Segundo o livro *Biology Third Edition* (CAMPBELL, 1993), a organização da vida é baseada em uma hierarquia de níveis estruturais de átomos, moléculas,

células, tecidos e órgãos que integram organismos que por sua vez, são membros de populações e comunidades biológicas. Riedl (1978) escreve que a ordem é um fenômeno da vida e que ao contrário da biosfera, que obedece à lei da entropia, os organismos vivos que são sistemas abertos, parecem burlá-la - o processo que vai da energia do sol até o espaço é isentrópico (a entropia do sistema permanece constante) enquanto os processos que ocorrem nos organismos geram ordem. A vida parece ser um comportamento ordenado e regrado da matéria, tendendo a organizar o seu ambiente, produzindo ordem a partir da desordem (RIEDL, 1978). A ordem biológica existe na plumagem de um pássaro, estrutura de uma pena ou de uma folha e em níveis microscópicos. Os processos biológicos, por sua vez, transcendem a hierarquia, apresentando causas e efeitos nos diversos níveis (CAMPBELL, 1993).

Duas correntes principais de pensamento enxergaram a vida diferentemente: Os mecanicistas, dos séculos XVII e XVIII, acreditaram que os organismos não eram nada além de máquinas que podem ser explicadas pelas leis da química e física e não viram qualquer diferença entre seres vivos e não vivos por que os consideravam sujeitos às mesmas forças físicas, enquanto os biólogos vitalistas propuseram forças invisíveis para caracterizar organismos vivos. As propriedades da vida derivam não de forças vitais, como os vitalistas do século XVIII supunham mas de “princípios de física e química estendidos a um novo território” (ARAÚJO, 1998). As suas propriedades emergentes numerosas tornam difícil a formulação de uma frase que defina a vida, porém esse é um fenômeno que pode ser reconhecido sem depender de uma definição. O reducionismo é apresentado como uma estratégia de estudo, abordagem que procura um equilíbrio com o entendimento de como essas partes são integradas em um organismo (CAMPBELL, 1993).

Geralmente os sistemas vivos são caracterizados por mecanismos de retroalimentação de complexidade e precisão inexistentes em sistemas inorgânicos. A complexidade no ser vivo se manifesta em todos os níveis; os seres vivos tem a capacidade de responder a estímulos externos, ter metabolismo, podem crescer e se diferenciar e suas partes se adaptam mutuamente. Além do mais a química da vida apresenta as moléculas mais complexas de que se tem conhecimento. Os seres vivos também tem um programa genético que dá uma dualidade de fenótipo e

genótipo e uma natureza histórica que permite com que os seres sejam agrupados pelas suas descendências e não similaridades (MAYR, 1982).

O livro *Espiral da vida*, de Ruth Moore (1965), trás em sua descrição “A *Espiral da vida* relata-nos a maravilhosa história dos homens, das ideias e dos trabalhos que, passo a passo, lograram dissipar quase toda a escuridão que envolvia a fonte e o mecanismo íntimo da Vida(...) E esta é a primeira vez que a história completa é contada”. O livro começa afirmando que as ciências da vida, que buscam saber sobre a forma, funcionamento e diversidade de vida estão dando um longo salto por meio de descobertas que ampliam e alteram o conhecimento. Ele atribui ao DNA a responsabilidade de conter um plano do que somos, os elementos que distinguem os seres vivos e que fazem cada indivíduo único. Os cientistas trilharam um caminho do visível ao invisível com a ajuda de equipamentos como o microscópio, indo de órgãos a tecidos e células que trazem a substância fundamental que todos eles carregam e que seria a base da vida (MOORE, 1965). A era da biotecnologia, que começou nos anos 50 com a determinação da estrutura do DNA, estaria “baseada em uma compreensão profunda da tecnologia da vida, a mecânica das máquinas vivas”. Houve uma mudança na compreensão da vida, cujos aspectos técnicos envolvem interações químicas complexas com milhares de moléculas diferentes. As de maior importância, os ácidos nucleicos DNA e RNA, contêm o código da informação necessária para comandar a maquinaria química da célula. A biologia molecular assim como a genética molecular, estudam o fluxo e regulação de informações entre as moléculas de hereditariedade (MICKLOS; FREYER, 2005).

3.3. EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE VIDA NA CIÊNCIA

Essa sessão usou como base o artigo *Aspectos históricos e filosóficos do conceito de vida: contribuições para o ensino de biologia* de Corrêa *et al.* (2008), que trás definições antigas e modernas, discutindo também a possibilidade em chegar a uma única definição. Os autores começam afirmando que o conceito de vida só se tornou um problema de cunho científico a partir do surgimento da Biologia como campo do saber e essa dificuldade em conceitualizar a vida gerou um ceticismo

sobre a possibilidade de o fazer. Muitos cientistas não consideram importante a definição de vida para a execução de seus projetos de pesquisa, o que a torna mais desafiante, porém a Biologia Teórica tem retomado discussões a respeito. Algumas definições podem ter o papel de unificar conceitos em Biologia e promover uma menor fragmentação do conhecimento.

A definição mais antiga de que se sabe é a de Aristóteles, que diz que “a vida é o meio pelo qual o ser se nutre, cresce e perece por si mesmo”. Durante a Idade Média, a definição cristã predominou e as pessoas acreditavam que “a vida é o que nos salva da morte e da aniquilação”. Somente no século XIX o fenômeno vital foi debatido por diversas escolas científicas. O resultado foi uma diversidade de opiniões, onde os já citados vitalistas pregavam a existência de um *fluido vital* e uma *força vital*; os organicistas, que enxergavam o mundo como um local orgânico e o explicavam com base em propósitos e finalidades, acreditavam que muitas características de um nível do ser vivo não são provenientes diretamente das partes e sim de interações entre elas; e o mecanicismo se baseava na regularidade dos fenômenos, definindo a vida como sendo regida por leis precisas.

Com o intuito de expulsar as forças teleológicas da ciência, o biólogo alemão Ernst Haeckel, que criticou o mecanicismo e promoveu o monismo, explicou a substância como sendo matéria e energia e estando sujeita às respectivas leis da conservação da matéria e da energia, e não considerou a alma como sendo transcendente, mas resultado histórico de um desenvolvimento filogenético lento. Já Nietzsche considerou o organismo como um conjunto de relações de dominação entre suas partes e, ao se afastar do conceito de alma, disse que a verdade científica toma o lugar de Deus. Emmeche e El-Hani (2000) ressaltam que uma definição de vida deveria ser geral e abranger as diversas formas de vida, coerente com a ciência moderna, organizar o campo da Biologia com conceitos claros e definidos, ser específica e distinguir sistemas vivos dos não vivos. Nas últimas décadas, começaram a emergir definições que funcionam como redes de conceitos e que se afastam da tradicional lista de características do ser vivo. A *autopoiese*, a ser melhor explicada no próximo capítulo, parte do princípio que o ser vivo tem uma organização circular e fechada porém sendo material e energeticamente aberto; a *seleção de replicadores*, onde a vida é “Uma propriedade de populações de indivíduos que são capazes de se auto-reproduzir, herdando características de seus

predecessores (...), apresentam variação em virtude de mutações aleatórias e tem chances de deixar descendentes determinadas pela sua combinação de propriedades nas circunstâncias ambientais onde vivem” (EMMECHE & EL-HANI, 2000); a *interpretação de signos* (biossemiótica) que considera que a ação de um signo contém uma relação triádica entre ele (mediador entre objeto e observador), um objeto (representado no signo) e um observador (interpretante que sofre o efeito do signo) e que a origem da semiótica e da vida coincidiram, de modo que podemos entender mais sobre a vida entendendo como ela interpreta os fatores externos e responde a eles; e a vida sendo vista como conjuntos de *sistemas autônomos com evolução aberta*, constituindo uma rede complexa que se auto-mantém e que possui formas de registro de informações que podem ser passadas hereditariamente e está sujeita à seleção natural.

4. A VISÃO SISTÊMICA DA VIDA

4.1. A VIDA COMO PROPRIEDADE EMERGENTE

Como citado no capítulo anterior, após alguns séculos de estudos, a ciência entendeu que a vida é demasiadamente complexa para ser definida em uma frase. Apesar de existirem características utilizadas pelos cientistas para se determinar se um objeto é vivo ou não, esses critérios são problemáticos por não serem capazes de classificar todos os casos, sendo que aqueles que não se encaixam não invalidam os critérios, sendo tratados como excessões, o que dificulta a adoção de diferentes critérios. Esse capítulo se orienta pela mais recente obra de Fritjof Capra e Pier L. Luisi (2014) que aborda as várias dimensões da vida. Ele afirma que atualmente já é possível fazer uma caracterização mais adequada dos seres vivos a partir de critérios como a autopoiese, a cognição e a auto-organização em rede através da atual concepção de auto-organização e da matemática da complexidade, a serem explicados mais adiante (CAPRA, 1996).

Uma visão sistêmica da vida leva em consideração a totalidade de interações entre os componentes de um organismo. *Per se*, nenhuma de suas moléculas está viva, mas da interação entre elas emerge a propriedade que chamamos vida, que não está localizada em uma reação específica ou em um local específico do ser. Em certo sentido a vida é global e provém de interações moleculares, o que reforça a importância da não redução às propriedades dos seus componentes menores - embora a redução possa ser verdadeira quando somente a estrutura é levada em consideração, o que explica os grandes sucessos da ciência cartesiana (CAPRA, 1996). Nas palavras do filósofo francês Edgar Morin "(...) um organismo não é constituído pelas células, mas pelas ações que se estabelecem entre as células. Ora, o conjunto dessas interações constitui a organização do sistema. A organização é o conceito que dá coerência construtiva, regra, regulação, estrutura etc às interações" (MORIN, 2005). Nós, seres humanos, geralmente enxergamos que a vida está presente em algum sujeito específico e portador de limites físicos claros, mas isso pode nos prevenir de observar a sua emergência da interação entre diversos sistemas de um organismo.

Para Capra, a tensão entre o estudo somente das partes de um ser vivo em relação a um todo é ligada a uma dicotomia científica entre estrutura, que representa a substância, matéria e quantidade e a forma, sinônima de padrão, qualidade e ordem. Como visto anteriormente, Galileu Galilei foi um cientista que removeu aspectos qualitativos ao se concentrar no estudo dos fenômenos que podiam ser medidos e quantificados (CAPRA, 1996). O estudo da substância teve início quando alguns filósofos gregos se indagaram sobre a constituição da realidade, os constituintes fundamentais da matéria e sua essência. Ao analisar o Ser, Aristóteles analisa o ente, que significa tudo o que se pode compreender sobre o Ser, tendo como objetivo compreender como os entes fazem parte do Ser. O ente fora limitado por Aristóteles em matéria (hylé) e forma (eidos), cuja união resulta em substância (synolon). O filósofo grego compreendia matéria como algo indeterminado que se encontra disposta a receber determinada forma. Já a forma determinaria e caracterizaria a matéria, tornando possível a existência de seres particulares (REALE, 2001). Os seres seriam caracterizados por um padrão de organização específico. No contexto biológico, a forma é mais do que um molde ou configuração de relações entre componentes do sistema, estáticos em um todo maior; ela se mantém apesar do fluxo de matéria e energia no organismo, se desenvolve ao longo

do tempo de vida do ser vivo e evolui a longo prazo. O entendimento da forma está associado a processos metabólicos e de biologia do desenvolvimento, necessitando do mapeamento de relações entre componentes. O estudo da estrutura envolve a descrição dos componentes físicos de um sistema, pois ela é a incorporação física de um padrão, sendo que um mesmo padrão pode apresentar diferentes estruturas (CAPRA, 1996). Em um ser humano, por exemplo, as células epiteliais tem uma vida curta e esse tecido se renova totalmente em poucos meses sem que o indivíduo perca a sua aparência original, enquanto em um projeto técnico de engenharia, é necessário que o padrão se encontre expresso como desenho para orientar a construção da estrutura física. Edgar Morin afirma que nas ciências, a ideia de organização surgiu com o mesmo sentido que a de estrutura, sendo que esse último conceito refere-se a ordem, sendo que a visão “estruturalista” não reconhece propriedades emergentes em um sistema e reduz o fenômeno à sua estrutura (MORIN, 2005). Fritjof Capra afirma que um estudo que integre a estrutura com a forma é a chave para uma teoria abrangente de sistemas vivos (CAPRA, 1996).

4.2. A TENDÊNCIA AUTO-AFIRMATIVA E INTEGRATIVA NA PERCEPÇÃO SOCIAL DA VIDA

Capra enfatiza que nossa sociedade tem construído percepções a partir de uma valorização excessiva de uma tendência auto-afirmativa ao passo que a tendência integrativa tem sido negligenciada. A primeira comporta um pensamento racional, analítico, reducionista e linear além de valores humanos como a expansão, competição, quantidade e dominação (CAPRA; LUISI, 2014).

Durante a história da humanidade, as principais potências e impérios aspiraram a aquisição de novos e numerosos territórios favoráveis aos seus interesses individuais, multiplicando seu poder através de uma dominação econômica, política e social e mantendo a atenção em outros estados, supostamente passíveis de destruírem sua hegemonia. Como isso aconteceu muitas vezes na história da humanidade, muitos consideram esses valores como parte da natureza humana. Alguns termos biológicos também acabam refletindo concepções humanas como o conceito de competição em ecologia, uma interação ecológica no qual um organismo sai beneficiado e o outro prejudicado e que seria pré-condição

para uma seleção natural que atua somente no nível dos indivíduos. Os valores de uma sociedade acabam por ser projetados nos seres vivos, sem que eles necessariamente sejam o que lhes atribuímos. Dessa forma, uma visão de mundo muito direcionada à tendência auto-afirmativa pode ocultar interações cooperativas, o estabelecimento de parcerias, conservação de recursos e o papel de aspectos qualitativos. Juntamente com um pensamento intuitivo, holístico, sintético e não-linear, Capra caracteriza a tendência integrativa (CAPRA; LUISI, 2014).

Recentemente mais estudos tem revelado como organismos trabalham juntos gerando resultados que beneficiam a todos como o exemplo das redes de ectomicorrizas que interligam árvores de diferentes espécies e idades, permitindo a transferência de carboidratos e minerais às árvores que não estejam fotossintetizando ou às plântulas e que conseqüentemente gera resiliência nas florestas (COURTY *et al.*, 2010). Juntos, os dois conjuntos de valores orientam duas categorias de pensamento que precisam estar equilibradas para uma melhor compreensão da vida e da sociedade. A visão sistêmica implica mudar o foco de estruturas e objetos para padrões e processos não materiais, enquanto ocorre uma mudança de foco das partes para o todo (CAPRA; LUISI, 2014).

Capra (1996) salienta que, nesse sentido, cientistas importantes fizeram resgates no sentido de incluir o estudo de características qualitativas na ciência no último século e meio: Goethe explorou a dinâmica e desenvolvimento de formas vivas; Immanuel Kant promoveu o conceito de auto-organização como característica da vida; Alexander Von Humboldt e James Hutton desenvolveram noções de co-evolução entre fatores bióticos e abióticos; Alfred North Whitehead trouxe a necessidade de uma concepção orgânica e orientada para os processos da vida; Lotka e Volterra estudaram padrões dinâmicos de comportamento de populações; Walter Cannon estudou a capacidade de auto-regulação do organismo frente a flutuações de seu meio interno e externo O biólogo austríaco Ludwig von Bertalanffy criou a tectologia ou “ciência das estruturas”, que se ocupa dos princípios de organização de estruturas vivas e não-vivas; o ciberneticista russo Alexander Bogdanov classificou sistemas complexos em organizados, desorganizados e neutros e Norbert Wiener definiu cibernética como “controle e comunicação nos animais e máquinas”, expandindo o conceito de padrão e o promovendo como uma característica chave da vida. Em ecologia, uma importante medida de biodiversidade largamente utilizada viera diretamente da teoria da informação, o índice de Shannon

de Biodiversidade. Gregory Bateson foi um antropólogo que se considerava um biólogo e enxergou as outras disciplinas com as quais se envolveu como braços da biologia e assim descobriu padrões comuns de organização na diversidade, em suas palavras “o padrão que conecta”, além de ter desenvolvido um conceito de mente como um processo sistêmico. Nos anos 70, surge a matemática da complexidade, que permite a modelagem de redes complexas, trazendo a geometria fractal, teoria do caos e dinâmicas não lineares que levaram a grandes descobertas no campo da biologia. Com o advindo de novas ferramentas matemáticas, os seres vivos identificados como redes auto-organizadoras bastante complexas que chegam a envolver milhares de reações químicas interdependentes puderam ser melhor compreendidos (CAPRA, 1996). A auto-similaridade de uma árvore e seus componentes menores e a repetição do mesmo padrão em diferentes escalas fora descrito matematicamente por Mandelbrot (1983) enquanto Poincaré observou que equações simples de movimento podiam produzir uma complexidade não prevista e descobriu padrões visuais em modelos caóticos (POINCARÉ, 2012). A teoria da complexidade tem levado as pessoas a entenderem que a matemática não é isolada das demais áreas da ciência e pode nos ajudar a identificar os padrões a nossa volta e o mundo que nos cerca (CAPRA; LUISI, 2014).

4.3. A VIDA COMO PADRÃO, ESTRUTURA E PROCESSO

Para se entender a natureza da vida, é necessário expressar esses critérios de identificação de seres vivos em função das dimensões conceituais de padrão, estrutura e processo. Os ecologistas e pensadores sistêmicos trouxeram a noção de que a organização em redes é um padrão comum identificável em todos os organismos vivos, que os componentes da rede se auto-organizam, participando da transformação e criação de outros através da autopoiese (a ser explicada posteriormente) e que o processo organizador no sistema vivo é a cognição (CAPRA; LUISI, 2014), termo entendido convencionalmente como série de processos que vão desde a apreensão do conhecimento a partir da percepção até a tomada de decisão, pressupondo a existência de um sistema nervoso (MENZEL *et al.*, 2001). Maturana e Varela deram um diferente sentido ao termo, a ser explicitado posteriormente. Tanto estrutura, como padrão e processo são interdependentes,

visto que o padrão não pode ser reconhecido se não incorporado em uma estrutura física e esse processo de incorporação é contínuo. A vida pode ser entendida em três perspectivas diferentes e inseparáveis (CAPRA, 1996).

Primeiramente, em um sistema vivo, as propriedades emergem de uma configuração de padrões ordenados. Durante a dissecação de um animal vivo, esses padrões são destruídos, pois as relações entre os componentes deixam de existir, embora eles continuem fisicamente presentes. O reducionismo científico considera que toda a matéria é composta dos mesmos átomos e moléculas e acaba por reduzir fenômenos biológicos somente às leis da física e da química. As funções biológicas que poderiam ser entendidas como o resultado da organização de um ser vivo como um todo foram interpretadas como interações físico-químicas entre blocos de construção celulares. Porém, o padrão de organização da vida é irreduzível e apesar de se materializar, não é físico, produzindo propriedades nos sistemas maiores (acima do molecular) que não podem ser previstas apenas a partir de leis físicas. Com os primeiros estudos de teias alimentares em vários níveis sistêmicos, pode-se concluir que os seres vivos formam redes aninhadas em redes maiores, que são não lineares e possuem a capacidade de se auto-regular pela presença de laços de retroalimentação (CAPRA, 1996). Ciberneticistas concluíram que qualquer processo fisiológico pode gerar regras gerais para a construção de uma rede e que em sistemas com um estado inicial escolhido ao acaso, os padrões da rede surgiam ao acaso – a emergência dessa ordem foi chamada auto-organização (VARELA; MATURANA; URIBE, 1974; LEBRUN, 1996). Posteriormente, cientistas que estudaram auto-organização descobriram que um sistema vivo não somente aumenta sua ordem interna, importando matéria e energia do meio e os integrando à sua estrutura, mas também dissipa outras estruturas de uma ordem mais baixa como resíduos (CAPRA, 1996). A organização do ser consiste em uma reorganização permanente de si e ela é ativa, ou seja, comporta processos como provisão, armazenamento e controle da energia e pelo seu trabalho, dispersa energia e caracteriza-se como estrutura dissipativa ou estruturas coerentes resultantes de coesões reativas que operam longe do equilíbrio e seguem uma termodinâmica não linear (MORIN, 2005; PRIGOGINE, 1978). Os seres vivos são sistemas abertos que operam longe do equilíbrio termodinâmico, fato observável por manterem uma estrutura estável ao mesmo tempo que uma intensa atividade de movimento contínuo de moléculas, pelo qual seus próprios componentes

transformam e produzem a si próprios, mantendo sua individualidade durante todo o período homeostático. Também catalisam estados de uma complexidade interna maior a partir de um aumento de fluxo de energia no sistema e consequente evolução. Esse processo mantém a circularidade da vida e esse padrão é a forma de organização da vida (CAPRA, 1996; CAPRA; LUISI, 2014).

Segundo Maturana, Varela e Uribe (1974), a descrição física dos fenômenos não captará o fenômeno biológico, que necessita ser entendido na forma de processos em um contexto autopoietico. A autopoiese é uma abordagem biológica e fenomenológica da vida, é um padrão de organização inerente a todos os sistemas vivos e independe da sua estrutura e componentes – ela é uma rede de processos de produção onde os componentes produzem e transformam uns aos outros, constituindo uma unidade. O seu produto é sua própria organização. Sua principal característica é a auto-manutenção - redes químicas se replicando dentro dos limites do organismo – fato exemplificável não somente em uma célula, mas também nas unidades autopoieticas de outros níveis estruturais. Maturana (1975) trazem o exemplo do sistema nervoso, sobre o qual existiam somente descrições de transição de estado e a visão de um sistema de input-output para processamento de informações do meio, enquanto não havia nenhuma teoria que o considerasse uma rede neuronal aninhada em uma unidade biológica autônoma, teoria essa que veio a ser formulada por ele em 1970. A vida também pode ser vista como um sistema de unidades autopoieticas fechadas operacionalmente, o que significa que suas atividades são restringidas por limites físicos embora haja troca de matéria e energia com o meio (CAPRA, 1996; CAPRA; LUISI, 2014).

Mesmo dependendo de uma fonte externa de matéria e energia, a vida é um sistema autônomo, que possui toda a informação necessária para ser ele mesmo em seu interior. Como uma estrutura dissipativa viva, seus limites de estrutura determinam que o sistema vivo é de estrutura aberta e operacionalmente fechado, o que significa que suas atividades são restringidas por limites físicos embora haja troca de matéria e energia com o meio. Uma estrutura dessa natureza é uma ilha de ordem em um mar de desordem e é bastante sensível a mudanças no meio. De acordo com a teoria da autopoiese, o ser vivo se relaciona com o ambiente estruturalmente, o que significa que interações recorrentes desencadeiam mudanças estruturais internas. Eles apresentam um comportamento de resposta a uma ação com mudanças estruturais de acordo com sua própria natureza e seu padrão de

rede não linear. Com o passar do tempo e interações com o ambiente, o ser vivo passa a responder de acordo com a sua cadeia de acoplamento estrutural que contém um histórico de interações. Assim que os materiais importados passam a fazer parte de sua estrutura, este interage com o meio externo – ele cria o meio que o circunda e esse permite a atualização do organismo (acoplamento estrutural). A estrutura do ser vivo irá influenciar os seus comportamentos (CAPRA; LUISI, 2014). Segundo Lewontin (1991), não existe ambiente em um sentido independente e abstrato; organismos e ambiente são co-dependentes e os primeiros não experimentam o ambiente mas o criam e modificam pelas suas próprias atividades.

Ainda segundo Maturana (1975), os sistemas vivos são sistemas cognitivos e a vida poderia ser entendida também como um processo de cognição, afirmação essa que valeria para todos os organismos, mesmo os não possuidores de um sistema nervoso. Tal forma de cognição é um dos processos recorrentes que sustenta a vida. Ela opera em vários níveis e aumenta a complexidade de um organismo, havendo aumento do seu aparato cognitivo para captar o ambiente e consequentemente, há aumento de co-emergência entre organismo e meio, ao longo do tempo de vida e da evolução. A co-emergência é a noção de que a estrutura viva e o mecanismo de cognição são duas facetas do fenômeno da vida. Os organismos evoluíram e suas estruturas ficaram mais complexas mas eles sempre contribuíram para a criação de seu ambiente, como é o caso da produção de oxigênio pelas plantas que é necessário ao metabolismo animal. Um ser verdadeiramente vivo deve ser capaz de cognição, e com o aumento de complexidade de suas estruturas físicas, seu ambiente também é modificado, consistindo no processo de acoplamento estrutural, sendo esse um dos fatores que permite a existência de outros organismos vivos. Dessa forma, Capra e Luisi (2014) sintetizou a vida em 6 princípios:

1. o sistema vivo é material e energeticamente aberto, um estrutura dissipativa que opera longe do equilíbrio. Existe fluxo contínuo de matéria e energia no sistema.
2. Está auto-organizado, com sua estrutura sendo organizada pelas regras do sistema.
3. As dinâmicas são não lineares, incluindo emergência de novas ordens em pontos de instabilidade.
4. É operacionalmente fechado – autopoietico e em forma de rede.

5. Se auto-gera, sendo que seus componentes ajudam a transformar uns aos outros, inclusive os da membrana semipermeável.
6. Suas interações com o meio ambiente são cognitivas e determinadas pela sua própria organização interna.

4.4. O PLANETA TERRA COMO UM ORGANISMO VIVO

Nos anos 60, o químico atmosférico James Lovelock, ao ajudar a NASA a desenhar sondas para detecção da vida em Marte e ao pensar como faria isso, identificou o fato de todos os organismos usarem energia e matéria e gerarem resíduos como a característica mais geral da vida. Ao pensar que a vida utilizaria os oceanos e atmosfera para essas necessidades, propôs que ela, como parte da biosfera, poderia ser detectada ao analisar as condições químicas do planeta – na Terra, a composição atmosférica se encontra longe do equilíbrio químico (Lovelock; Margulis, 1974). Percebendo que a vida devia ser responsável por esse fato, reconheceu a atmosfera também como um sistema aberto, com um fluxo constante de matéria e energia. James Lovelock e sua colega bióloga Lynn Margulis, propuseram a Teoria de Gaia, que parte do princípio que as diversas formas de vida cooperam para criar condições para a manutenção e existência da vida no planeta Terra e para isso, estão continuamente modificando o meio ambiente físico. Exemplos incluem a desestabilização dos impactos de corpos vindo de fora do planeta e estabilização de instabilidades internas, como a oxidação da atmosfera (FREE; BARTON, 2007). Na visão de seus criadores, Gaia é um sistema vivo e que se auto-organiza e regula. Essa é uma abordagem sistêmica da vida e integra muitas disciplinas, como geologia, química e biologia. Para uma Gaia homeostática existir, são requisitos o *feedback* entre organismo e ambiente, e para esses *feedbacks* controlarem o ambiente planetário uma biosfera a nível global deve emergir.

Esta teoria está às margens da ciência convencional e raramente houve tanta resistência a um modelo de auto-organização. Seu nome vem do mito grego arquetípico da deusa da Terra, uma sugestão de um amigo roteirista. A comunidade científica alega que a teoria é teleológica por não imaginar como a vida poderia criar e regular as condições sem ser consciente nem propositada (CAPRA; LUISI 2014).

Richard Dawkins (1999) afirmou que “não existe maneira de que a evolução por seleção natural leve a um altruísmo em escala global”. Em ecologia e evolução, cientistas não a tem considerado porque na visão convencional científica, a necessidade de cooperar para regular o planeta pode ser custosa e então alguns indivíduos não pagariam esse custo, o que significaria trapaça. A partir do momento que alguns indivíduos teriam um valor adaptativo maior do que outros, estes iriam ser selecionados, mas no nível de planeta não existem outras populações em biosferas auto-regulantes para serem selecionadas (FREE; BARTON, 2007).

5. DISCUSSÃO E IMPLICAÇÕES PARA A CIÊNCIA E A SOCIEDADE

5.1. CONTRASTE ENTRE VISÕES: IMPLICAÇÕES PARA A CIÊNCIA

Há quatro grandes contrastes que cabe enfatizar entre as duas visões: os genes como criadores das máquinas perfeitamente planejadas que nós somos, a vida como entidade única e distinta de qualquer máquina, a abordagem do behaviorismo e a abordagem da psicologia *Gestalt*.

Richard Dawkins em seu livro *O Gene Egoísta* (1979) expressa sua opinião bastante determinista e reducionista afirmando que “somos máquinas de sobrevivência – veículos robô programados cegamente para preservar as moléculas egoístas conhecidas como genes (...) nós animais somos as máquinas mais complicadas e perfeitamente planejadas do universo conhecido (...) somos máquinas criadas por nossos genes (...) viver tornou-se inexoravelmente mais difícil a medida que novos rivais surgiram com máquinas de sobrevivência melhores e mais eficientes”. Contrastando com a visão da vida como uma máquina de funcionamento perfeito, Edgar Morin (2005) afirma que uma célula não pode ser comparada a uma fábrica aperfeiçoada porque não precisa ser controlada por seres mais complexos que ela, mas por um conjunto de instruções, o DNA, que está dentro da célula e vem de outra célula. Além disso, a máquina é um sistema mecânico cuja confiabilidade do todo é inferior a de suas peças, que são específicas

e foram desenhadas para se encaixarem umas nas outras e trabalharem perfeitamente. Com a célula ocorre o contrário, ela possui moléculas não ou parcialmente específicas para cada função que são incessantemente degradadas, mas seu todo é bastante confiável. A vida se utiliza de 5 elementos básicos – Carbono, Hidrogênio, Nitrogênio, Oxigênio e Enxofre. Ela trabalha não apesar da degradação de suas moléculas ou acidentes, mas monitorando o nível de desordem no sistema, que é necessário para que então surja a ordem que a regenera, enquanto na mesma situação, a máquina forneceria produtos errôneos ou pararia de funcionar.

Ao meu ver, a visão convencional da vida se preocupa muito com a delimitação de seus objetos de estudo e a conceitualização precisa desses, o que é possível e necessário sob uma ótica reducionista. A perspectiva holística de interrelações entre todos os seres torna a observação de limites entre eles mais difícil porque o foco se encontra nas interações, sendo que antes de estudá-las é necessária a compreensão do funcionamento do sistema como um todo.

O capítulo 2 mostrou que a ciência convencional, ao fazer recomendações ao cientista para que esse se mantenha neutro ao fazer ciência, parte da suposição de que este está alheio ao mundo, enquanto a abordagem alternativa traz a não existência de uma realidade objetiva e a não separação do cientista e de seu processo cognitivo único.

Nos capítulos anteriores, apresentei algumas características da ciência convencional como a rejeição das qualidades da matéria, separação entre mente e matéria, necessidade de se conhecer para controlar e prever o futuro e reducionismo de leis da biologia a química e física, de modo que pensemos que a Biologia não passa de Física e Química. Skyttner afirmou que é “paradoxal e impossível tornar-se consciente de um sistema como um todo sem analisar suas partes” o que invertido virou a máxima holista, sintetizada por Keller e Golley como “o conhecimento das partes não é necessário nem suficiente para o conhecimento do todo”. As teorias sistêmicas são uma crítica à ciência analítica, que não consegue lidar com problemas complexos não sujeitos à fragmentação (KERN, 2013). Filosoficamente o holismo se opõe ao individualismo, que se recusa a reconhecer entidades supra-individuais, como grupos e comunidades. A ciência não é somente cartesiana e

reducionista e a partir de uma nova definição de ciência que incorporasse a interação causal múltipla entre fenômenos e considerasse a circularidade dos processos, baseada na biologia, o holismo passaria a ser científico.

Uma outra abordagem holista, a psicologia *Gestalt*, ao contrário da abordagem behaviorista, que determina linearmente o sujeito em função de seu comportamento, entende que o processo de percepção humana é fundamental para entender o comportamento, que fora de contexto pode perder seu significado (BOCK; FURTADO; TEIXEIRA, 2002). Com base no entendimento do funcionamento dos ecossistemas como rede, podemos extrair entre vários princípios o de interdependência, onde a dependência mútua de todas as formas de vida é a base de todas as relações ecológicas. Dessa forma, acredito que para manter seu significado, o processo científico de conhecimento da natureza, enquanto instituição social e processo histórico, deve ser feito de forma integrada, levando em conta múltiplas dimensões como a social, histórica, ecológica, cognitiva e biológica.

Portanto, se optarmos por privilegiar uma abordagem entre várias, estaremos deixando de observar muito do que está ocorrendo no sistema. A utilização tanto de ferramentas da ciência convencional quanto de ferramentas holísticas é essencial para se entender um sistema ou fenômenos que nele ocorram da maneira mais completa possível, o que acredito ser um dos objetivos da ciência.

5.2. IMPLICAÇÕES PARA A SOCIEDADE: NOSSA CRISE DE CIVILIZAÇÃO

Para uma era na qual as atividades humanas tem tamanho volume que interferiram em todos os sistemas fundamentais para a sustentabilidade da vida, o Prêmio Nobel de Química Paul Crutzen cunhou o termo *Antropoceno* (VILCHES, PRAIA; MATURANA, 2008). As ações humanas nos últimos dois séculos provocaram muitas mudanças e a falta de uma visão sistêmica teve consequências visíveis tanto nos crescentes preços dos alimentos como no atual cenário de mudanças climáticas, situações que trarei como exemplo a seguir.

Os atuais aumentos nos preços dos alimentos não são decorrentes de eventos pontuais como uma seca ou uma geada, mas sim de tendências como o

crescimento da população, a crescente dependência dos combustíveis fósseis, a diminuição de recursos hídricos, o uso de grãos para combustíveis entre outros. A política energética tem mais impacto na segurança alimentar do que a política agrícola. Como resultado, a fome tem se alastrado e apesar de o número de famintos ter caído para 825 milhões de pessoas nos anos 90, subiu para mais de um bilhão em 2009 e até 2015 deverá atingir 1,2 bilhões, cálculo feito com uma projeção de crescimento da população, desvio de grãos para a produção de combustível e desvio de água para irrigação. Além disso, em cada grau Celsius de aumento na temperatura média, os fazendeiros podem esperar uma diminuição nas suas produções de milho, arroz e trigo em 10%. De acordo com uma obra de Joseph Tainter *The Collapse of Complex Societies*, as civilizações se tornam progressivamente mais complexas até que não possam mais administrar a complexidade. Os acordos internacionais tem resultados que apontam que não podemos depender deles para salvar a civilização e um dos maiores avanços pela luta na estabilização do clima fora feito pelo movimento ambientalista americano *grassroots movement*, que promovera suspensão na construção de usinas termelétricas (BROWN, 2009). O mais recente relatório do IPCC ou *Intergovernmental Painel on Climate Change* de novembro de 2014 trouxe a afirmação “A influência humana no sistema climático é clara e as recentes emissões de gases do efeito estufa pelo homem são as mais altas na história. As recentes mudanças climáticas tiveram impactos amplos nos sistemas humanos e naturais.” Ainda segundo Brown (2009), o desafio não é mais saber o que fazer mas sim fazer em tempo hábil.

Três tipos de crescimento tem impacto direto no meio ambiente: o crescimento econômico, corporativo e populacional. A ilusão de que podemos crescer ilimitadamente que dá base ao nosso sistema econômico leva à lógica produtivista, que nos leva a pagar o preço de mercado e não o real custo da produção (CAPRA; LUISI, 2014). Se pagássemos o real preço da comida, o que inclui por exemplo o custo do petróleo utilizado, da água retirada dos aquíferos, destruição da terra pela erosão e emissões de CO₂ para limpar a terra, o alimento iria chegar muito mais caro ao supermercado sem falar que os serviços ecossistêmicos não são valorizados (BROWN, 2009). Como serviços ecossistêmicos, conta a filtragem da água que penetra os solos, a polinização das

plantas pelos animais, ciclagem de nutrientes e o fornecimento de matéria prima para bens de consumo, por exemplo (ANDRADE; ROMEIRO, 2009). Segundo Amy Larkin, a autora do livro *Environmental Debt: The new economics of the 21st Century*, ao não pagarmos individualmente os custos indiretos do que consumimos na forma de dinheiro, os pagamos coletivamente na forma de desastres naturais (LARKIN, 2013). A pressão demográfica e pobreza geram a escassez dos recursos, tudo aumentado pelas mudanças climáticas e pelo desespero e falta de oferta de segurança pelos governos, muitos cidadãos apelam para o terrorismo (BROWN *apud* CAPRA; LUISI, 2014).

A futurista americana Elisabet Sahtouris (SAHTOURIS, 1999 *apud* DE GRUCHY, 2011) tem a opinião de que a nossa espécie passa por uma fase de maturidade semelhante à adolescência, que nos levou a diferenciação e a nos tornar competitivos, mas na fase madura deverá haver mais comportamentos cooperativos - onde interesses individuais seriam parte do processo enquanto contidos no interesse coletivo - produto de nossa tentativa de formar um corpo de humanidade global. Para Vilches (2008), o Antropoceno é o resultado do comportamento habitual do ser humano por milênios e não seria somente uma era de risco, mas também uma oportunidade de repensar esse comportamento e estabelecer as bases para um futuro sustentável.

5.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através de minhas leituras e reflexões, percebo que a história da ciência é uma história de desenvolvimento da humanidade. A palavra desenvolvimento, segundo o dicionário Michaelis online, significa “tirar do invólucro, descobrir o que estava envolvido”. Este é o sentido que melhor expressa a minha opinião sobre a nossa relação com o meio ambiente. Fomos de um ponto onde estávamos envolvidos e passamos por um longo período de desconexão que resultou no cenário atual. A distância que criamos entre nós e a natureza e o uso de uma lógica causal fez com que ficássemos cegos a todas as consequências não imediatas e à nossa ligação com todos os outros seres vivos, nos considerando alheios ao meio ambiente e dando margem para que fizessemos experimentos sem nos

responsabilizar por coisa alguma, a exemplo de testes nucleares e da Bomba de Hiroshima e Nagasaki que, além da destruição física da área e milhares de mortes, é a causa de câncer e alterações genéticas em descendentes até hoje.

O paradigma mecanicista pode ser observado em diversas partes da sociedade. Desde a estrutura hierárquica de corporações, a fragmentação em diversas instituições, profissões e supervalorização do especialista, a linearidade na distribuição de poder (do governo federal ao municipal), a educação que divide o conhecimento em pedaços e a ciência que divide os objetos em pedaços para então os analisar. Embora tenhamos uma necessidade de conceitualizar tudo, definindo e fragmentando objetos para os estudar, temos problemas para definir limites entre objetos e talvez não tenhamos respostas aceitáveis para muitas perguntas porque dissociamos o que não pode ser dissociado. Além disso, as emoções e crenças de um cientista não podem ser dissociados do seu trabalho porque seu processo cognitivo os inclui; uma forma de valorizar cada cientista e ampliar a compreensão do leitor seria incluir uma sessão de discussão nos trabalhos científicos onde fosse explicado porque determinada questão fora escolhida, qual fora a linha de pensamento e principais influências que o levaram a desenhar e executar tal projeto de determinada maneira, com franqueza e clareza, além de seus principais questionamentos e observações de seus trabalhos recentes que foram importantes para o trabalho em questão, entre outros.

O reducionismo é um método que possibilitou enormes conquistas científicas, mas o holismo é o caminho para se achar novas maneiras de lidar com problemas antigos e deve ser melhor explorado agora que sabemos das interrelações entre as coisas e que temos tanto conhecimento produzido que não tem função se permanecer trancado em bibliotecas. Como citado em uma sessão anterior, o reducionismo quando reduzido a estrutura não produz tantos equívocos e é compatível com o holismo, podendo nos ajudar a expandir nossa visão do mundo que nos cerca. Isso significaria que os dois não seriam visões opostas, mas complementares e deveriam ser melhor avaliados para a sua aplicação mais adequada.

Já dizia Albert Einstein que a imaginação é mais importante que o conhecimento. Acredito que ela é parte crucial da ciência, construindo o caminho

que vai da crença de que o universo tem ordem e que pode ser entendido até o funcionamento de algo. E é o modo de montar os fatos, provindo do modelo de mundo do indivíduo, que determina o resultado final.

Se ampliarmos nossos horizontes, integrando os conhecimentos que temos a respeito da vida, desenvolvermos redes de conceitos em diversas áreas do conhecimento e buscarmos enxergar sempre uma imagem mais extensa e completa da realidade a partir do todo até as partes, podemos chegar a uma ressignificação de vida a nível de sociedade, que nos permita proteger e dar condições para que as diversas formas de vida continuem existindo no planeta, o que, independente de reconhecermos, é nosso interesse direto e pode nos ajudar a chegar aonde queremos como sociedade.

A crise atual é segundo Capra e Luisi (2014), uma crise de percepção que aponta a incompatibilidade de nossa visão de mundo ultrapassada com nossos problemas complexos e interligados. As soluções são também sistêmicas. As várias definições de sustentabilidade não nos mostram como chegar lá mas a chave para uma definição operacional é entender que um mundo sustentável já existe e podemos modelar as nossas soluções com base nas soluções da natureza. Por exemplo, na produção de alimentos elas devem incorporar princípios ecológicos como a produção agroecológica. Na minha concepção, a Biomimética é outra solução que incorporou esses princípios e é uma ferramenta que nos habilitará a virar o jogo. O termo em inglês *biomimicry* vem de “imitar a vida” conscientemente, mudando a forma com que plantamos, fazemos materiais, geramos energia, nos curamos etc.

Em conclusão, acredito que podemos encontrar na natureza as soluções para todos os nossos problemas, se soubermos olhá-la com olhos sistêmicos. Partilho da concepção de Benyus (2002), que referindo-se ao biomimetismo, reflete que “todas as nossas invenções já apareceram na natureza de forma muito mais elegante e muito menos custosa para o planeta. A nossa arquitetura mais inteligente está presente em lírios e bambus. Nossa central de aquecimento e ar-condicionados aparecem de maneira aperfeiçoada pelos cupinzeiros em 86°F. Nossos melhores radares são dificilmente comparáveis à transmissão multifrequência dos morcegos. E os nossos materiais inteligentes não se comparam à pele de um golfinho ou a

probóscide de uma borboleta. Até mesmo a roda, que pensamos ser uma invenção humana, já estava presente no flagelo da bactéria mais ancestral do mundo.”

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R. **Filosofia da ciência: Introdução ao jogo e às suas regras**. 11^a ed. São Paulo: Edições Loyola, 2006.

ANDERSEN, H. **The history of reductionism versus holistic approaches to scientific research**. Endeavour, 2001, 25. Jg., Nr. 4, S. 153-156.

ANDRADE, D.C.; ROMEIRO, A. R. **Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”**. XXXVII Encontro Nacional de Economia. Foz do Iguaçu: ANPEC, 2009.

ARAÚJO, I. L. **Introdução à filosofia da ciência**. Curitiba: Editora UFPR, 1998.

BENYUS, J. M. **Biomimicry: innovation inspired by nature**. New York: William Morrow, 2002.

BOCK, A. M. B.; FURTADO, O.; TEIXEIRA, M. L. T. **Psicologias: uma introdução ao estudo de psicologia**. São Paulo: Saraiva, 2002.

BROWN, L. R. **Plano B 4.0: Mobilização para salvar a civilização**. São Paulo: New Content Editora e Produtora, 2009.

CAMPBELL, N. A. **Biology Third Edition**. California: The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., 1993.

CAPRA, F. **A teia da vida: uma nova compreensão científica dos sistemas vivos**. São Paulo: Editora Cultrix, 1996.

CAPRA, F.; LUISI, P. L. **The Systems View of Life: A Unifying Vision**. New York: Cambridge University Press, 2014.

CORRÊA, A. L.; DA SILVA, P. R.; MEGLHIORATTI, F. A.; DE ANDRADE CALDEIRA, A. M. **Aspectos históricos e filosóficos do conceito de vida: contribuições para o ensino de biologia**. Filosofia e História da Biologia, 2008, 3. Jg., Nr. 1, S. 21-40.

COURTY, P.E., *et al.* **The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem processes:** new perspectives and emerging concepts. *Soil Biology and Biochemistry*, 2010, 42. Jg., Nr. 5, S. 679-698.

DAWKINS, R. **The extended phenotype:** The long reach of the gene. New York: Oxford University Press, 1999.

DAWKINS, R. **O Gene Egoísta.** Coleção O Homem e a Ciência. São Paulo:Itatiaia/Editora da USP, 1979.

DEBRUN, M., GONZALEZ, M.E.Q., PESSOA JR., O. **Auto-Organização:** estudos interdisciplinares em Filosofia, Ciências Naturais e Humanas e Artes. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1996.

DE GRUCHY, J. W. **The humanist imperative in South Africa.** *South African Journal of Science*, 2011, 107. Jg., Nr. 7-8, S. 11-13.

DRIESCH, H. **The science and phylosophy of the Organism**, London: A.C. Black, 1908.

DOBZHANSKY, T. **Nothing in biology makes sense except in the light of evolution.** *American Biology Teacher* 35:125-129, 1973.

DODIG-CRNKOVIC, G; MÜLLER, V. **A dialogue concerning two world systems:** info-computational vs. mechanistic. *Information and Computation*, p. 149-184, 2011.

EL-HANI, C. N.; EMMECHE, C. **On some theoretical grounds for an organism-centered biology:** property emergence, supervenience, and downward causation. *Theory in biosciences*, 2000, 119. Jg., Nr. 3-4, S. 234-275.

FORATO, T. C. D. M. **Os “poderes ocultos” da matéria e a gravitação universal.** *Scientific American—Os Grandes Erros da Ciência Especial Historia*, 6, 38-43, 2006.

FREE, A; BARTON, N. H. **Do evolution and ecology need the Gaia hypothesis?** *Trends in ecology & evolution*, v. 22, n. 11, p. 611-619, 2007.

GUERRA, C. G. M. **Mente, Educação, Saúde e Consciência**: contribuições da física quântica, budismo tibetano, ciência cognitiva e novas tecnologias da inteligência para uma formação humana integral. Tese de doutorado em engenharia de produção: PPGE/UFSC, Florianópolis, 2001.

HOLLAND, J. **A ordem oculta**: como a adaptação gera a complexidade. Lisboa: Gradativa, 1997, p. 219.

KERN, V. M. **O sistemismo de Bunge**: fundamentos, abordagem metodológica e aplicação a sistemas de informação, 2013.

KUHN, T. S. **The Structure of Scientific Revolutions**. Chicago: University of Chicago Press, 1962.

LARKIN, A. **Environmental debt**: The hidden costs of a changing global economy. New York: Macmillan company, 2013.

LEWONTIN, R. C. **Biology as Ideology**: The Doctrine of DNA. New York: Harper Collins Publishers, 1991.

LOVELOCK, J. E.; MARGULIS, L. **Atmospheric homeostasis by and for the biosphere**: the Gaia hypothesis. Tellus, v. 26, n. 1-2, p. 2-10, 1974.

LUPI, O. **Doenças priônicas**: avaliação dos riscos envolvidos na utilização de produtos de origem bovina. An. Bras. Dermatol., Rio de Janeiro, v. 78, n. 1, Feb. 2003.

MANDELBROT, B. B. **The fractal geometry of nature**. New York: W. H. Freeman, 1983.

MATURANA, H. R. **"The organization of the living: a theory of the living organization"** International journal of man-machine studies 7.3 (1975): 313-332.

MAYR, E. **The growth of biological thought: diversity, evolution, and inheritance.** Cambridge: Harvard University Press, 1982.

MAYR, E. **Isto é biologia: a ciência do mundo vivo.** São Paulo: Editora Companhia das Letras, 2008.

MENZEL, R.; GIURFA, M. **Cognitive architecture of a mini-brain: the honeybee.** Trends in cognitive sciences, 2001, 5. Jg., Nr. 2, S. 62-71.

MICKLOS, D. A; FREYER, G. A. **A ciência do DNA.** 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 575p., il. (Biblioteca Artmed). ISBN 8536304421.

MOORE, R. **A espiral da vida : a historia dos grandes descobrimentos das ciências da vida.** São Paulo: Cultrix, 1965. 371 p., il. Bibliografia: p. 363-71.

MORIN, E. **Ciência com Consciência.** 82a edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

OLIVEIRA, C.C. **Holismo: aprender e educar.** Diversidade e Diferença, 2000, S. 287-292.

POINCARÉ, H. **The value of science: essential writings of Henri Poincaré.** New York: Random House LLC, 2012.

PRIGOGINE, I. **Time, structure, and fluctuations.** Science, 1978, 201. Jg., Nr. 4358, S. 777-785.

REALE, G. **Metafísica de Aristóteles II.** São Paulo: Edições Loyola, 2001. ISBN 8515024276 9788515024278.

RIBEIRO, F. N. **Edgar Morin, o pensamento complexo e a educação.** Pró-Discende, 2011, 17. Jg., Nr. 2.

RIEDL, R. **Order in living organisms**: a systems analysis of evolution. New York: Wiley, 1978.

ROBERTS, M. B. V. **Biology**: a functional approach. Cheltenham: Thomas Nelson and Sons, 1986.

ROSENBERG, A. **Reductionism in a historical science**. Philosophy of Science, 2001, S. 135-163

ROSSI, P. **The birth of modern science**. Oxford: Blackwell Publishing, 2001.

SANTOS, B.S. **Um discurso sobre as ciências**. Porto: Afrontamento, 1987, Jg.

SCHRÖDINGER, E. **O que é vida?** O aspecto físico da célula viva seguido de Mente e matéria e Fragmentos autobiográficos. São Paulo: UNESP, 1997.

SHAPER, D. **The concept of observation in science and philosophy**. Philosophy of Science, p. 485-525, 1982.

SMUTS, J. C. **Holism and Evolution**. New York: The Macmillan Company, 1926.

VAN FRAASSEN, B.C. **Structure**: Its shadow and substance. The British Journal for the Philosophy of Science, 2006, 57. Jg., Nr. 2, S. 275-307.

VARELA, F. G.; MATURANA, H.R.; URIBE, R. **Autopoiesis**: the organization of living systems, its characterization and a model. Biosystems, 1974, 5. Jg., Nr. 4, S. 187-196.

VILCHES, A.; PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D. **O Antropoceno**: Entre o risco e a oportunidade. Educação. Temas e Problemas, 2008, 5. Jg., S. 41-66.

ZIMMERMAN, M. E. *et al.* **Environmental philosophy**: From Animal Rights to Radical Ecology, 3rd ed, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1993.

DOCUMENTOS CONSULTADOS

MICHAELIS **dicionário de português online** <michaelis.uol.com.br> Acessado em 04/11/2014.